

## 1.10. Камчатка и Командорские острова

*С.Я. Дрознина, В.И. Левина, В.Н. Чебров,  
А.В. Ландер, С.Л. Сеньюков*

Сеть стационарных сейсмических станций Камчатского филиала ГС РАН в 2007 г. включала в себя 11 станций. Размещение станций показано на рис. 1.29, сведения о них приведены в табл. 1.15. По состоянию на 01.01.2008 г. на станциях региональной сети «Апача», «Беринг», «Крутоберегово», «Оссора», «Паужетка», «Тиличики» и «Эссо» установлен и запущен в работу унифицированный комплект аппаратуры цифровой сейсмической станции (СЦСС) с взаимозаменяемыми блоками. На всех станциях, кроме станции «Тиличики», по основным каналам установлены велосиметры СМ-3ОС и дополнительно короткопериодный сейсмометр СМ-3 (Z). Станция «Тиличики» была оснащена только короткопериодными сейсмометрами СМ-3КВ.

Сеть радиотелеметрических сейсмических станций (РТСС) Камчатки включает в себя три куста станций (рис. 1.29): Петропавловский (16 станций), Козыревский (9 станций) и Ключевской (9 станций). Деление на кусты обусловлено расположением приемных центров, на которых ведется сбор сейсмотрической информации соответствующих станций. Все станции РТС оборудованы комплектом короткопериодной аппаратуры. В августе 2007 г. введены в работу две новые станции: «Безымянный-Запад» (BZWR) на древнем лавовом потоке вулкана Камень и «Безымянный-Грива» (BZGR) на восточном гребне вулкана Безымянный. На обеих станциях был установлен стандартный комплект короткопериодной аппаратуры. Сбор информации с новых радиотелеметрических станций осуществляется на Козыревском приемном центре. Сведения о радиотелеметрических станциях представлены в табл. 1.16.

Созданная на базе сети радиотелеметрических сейсмических станций (РТСС) и информационно-вычислительного комплекса система непрерывного сейсмического мониторинга позволяет вести наблюдения за землетрясениями и вулканами Камчатки в режиме, близком к реальному времени.

Продолжалась модернизация сети станций сильных движений. На региональных станциях «Паужетка», «Крутоберегово», «Беринг» и «Тиличики» дополнительно установлены приборы сильных движений GSR-24 с блоком велосиметров СМГ-5Т, данные с которых параллельно записываются на компьютер обработки и в дальнейшем передаются в Петропавловск. В октябре 2007 г. в связи с пожаром на ГМС «Водопадный» была закрыта одноименная аналоговая станция сильных движений. В августе в подвале здания городской администрации Вилючинска развернута цифровая станция. Сведения о станциях сильных движений представлены в табл. 1.17.

В 2007 г. на базе сейсмической станции «Петропавловск» была развернута первая опорная станция в сейсмической подсистеме Системы предупреждения о цунами. Она представляет собой группу сейсмических станций, удаленных от центрального пункта на расстояние 10–25 км. Центральный пункт оснащен велосиметром и акселерометром; выносные пункты – только акселерометрами. Сбор и обработка сейсмологических данных производится на центральном пункте в автоматическом и автоматизированном режимах. Создание такой базовой станции позволило значительно расширить сеть цифровых станций сильных землетрясений в районе Петропавловска и Вилючинска.

На рис. 1.29 показаны изолинии энергетической представительности  $M_{\min}=2.6$  ( $K_{\min}=8.5$ ) и  $M_{\min}=3.3$  ( $K_{\min}=9.5$ ), рассчитанные по сети сейсмических станций, работавших в 2007 году.

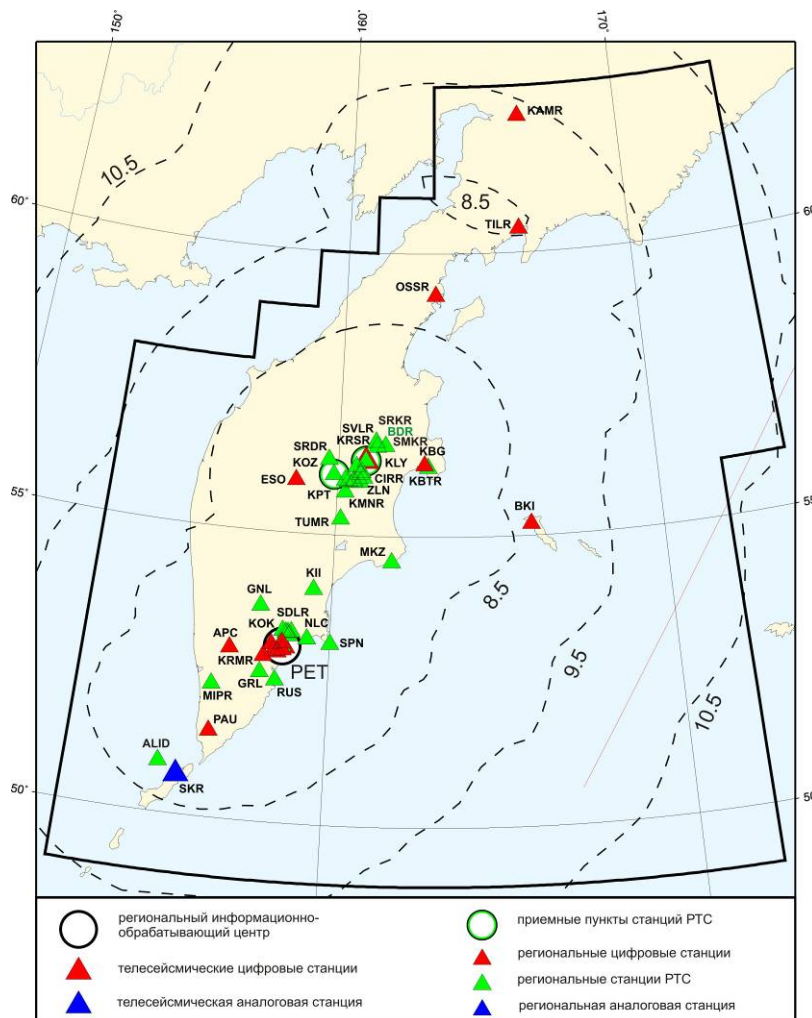


Рис. 1.29. Сейсмические станции на Камчатке и Командорских островах в 2007 г. Сплошной ломаной линией показаны границы региона, пунктиром – изолинии энергетической представительности

Таблица 1.15. Сведения о стационарных станциях КФ ГС РАН (сеть KRSC)

№	Сейсмическая станция		Дата открытия	Координаты		Высота над уровнем моря, м	Подпочва	Тип станции	
	Название	Код		φ, °N	λ, °E				
		международный							региональный
1	Апча	APC	APC	24.02.1990	52.925	157.158	100	Гравий	Ц
2	Беринг	BKI	BKI	20.11.1962	55.204	165.972	10	Метаморфизованный песчаник с выходом коренных пород	Ц
3	Каменское	KAMR	KAM	10.10.1994	62.456	166.210	64	Камень	Ц
4	Карымшина	KRMR	KRM	17.01.2000	52.830	158.130	120	Осадочные породы	Ц
5	Ключи	KLY	KLU	04.11.2004	56.317	160.858	50	Лава	Ц
6	Крутоберегово	KBG	KBG	10.04.1968	56.255	162.705	30	Суглинок, гравий, глина	Ц
7	Оссора	OSSR	OSS	01.01.1973	59.250	163.060	5	Гравий	Ц
8	Паужетка	PAU	PAU	04.11.1961	51.468	156.815	110	Шлак	Ц
9	Петропавловск	PET	PET	18.03.1951	53.024	158.653	100	Скала	Ц+А
10	Тиличики	TILR	TIL	02.05.2006	60.431	166.060	40	Песок, гравий, мерзлота	Ц
11	Эссо	ESO	ESO	24.11.1965	55.925	158.700	490	Камень	Ц

Таблица I.16. Сведения о радиотелеметрических станциях КФ ГС РАН (сеть KRSC)

№	Сейсмическая станция			Дата открытия	Координаты		Высота над уровнем моря, м	Подпочва	Тип станции
	Название	Код			φ, °N	λ, °E			
		международный	региональный						
<b>Ключевская сеть</b>									
1	Байдарная	BDR	BDR	08.10.2005	56.568	161.208	936	Лава	А-Ц
2	Зеленая	ZLN	ZLN	01.08.1988	56.017	160.804	1120	Шлак	А-Ц
3	Ключи	KLY	KLY	01.02.1989	56.317	160.858	50	Лава	А-Ц
4	Крестовский	KRSR	KRS	01.07.1987	56.217	160.565	1120	Лава	А-Ц
5	Крутоберегово1	KBTR	KBT	01.10.1997	56.208	162.819	200	Шлак	А-Ц
6	Логинов	LGNR	LGN	01.09.1999	56.083	160.690	2500	Лава	А-Ц
7	Семкарок	SMKR	SMK	10.09.2005	56.582	161.468	898	Камень	А-Ц
8	Сорокина	SRKR	SRK	19.09.2005	56.654	161.168	849	Лава	А-Ц
9	Цирк	CIRR	CIR	01.10.1998	56.115	160.748	1420	Шлак	А-Ц
<b>Козыревская сеть</b>									
10	Безымянный	BZMR	BZM	03.08.2006	55.935	160.490	1450	Лава	А-Ц
11	Безымянный-Грива	BZGR	BZG	19.08.2007	55.940	160.696	1152	Шлак	А-Ц
12	Безымянный-Запад	BZWR	BZW	13.08.2007	55.964	160.496	1624	Лава	А-Ц
13	Каменистая	KMNR	KMN	01.10.1990	55.756	160.247	1147	Лава	А-Ц
14	Киришева	KIRR	KIR	03.08.2006	55.953	160.342	1475	Лава	А-Ц
15	Козыревск	KOZ	KOZ	01.01.1961 01.07.2001	56.058	159.872	45	Лава	А-Ц
16	Копыто	KPT	KPT	25.10.1997	55.966	160.222	1004	Шлак	А-Ц
17	Срединный	SRDR	SRD	04.01.1992	56.316	159.697	750	Камень	А-Ц
18	Тумрок	TUMR	TUM	01.07.2003	55.283	160.146	1213	Камень	А-Ц
<b>Петропавловская сеть</b>									
19	Авача	AVH	AVH	01.08.1976	53.265	158.738	900	Лава	А-Ц
20	Алаид	ALID	ALD	01.08.2001	50.868	155.550	1400	Лава	А-Ц
21	Ганалы	GNL	GNL	17.01.1988	53.695	157.942	1200	Камень	А-Ц
22	Горелый	GRL	GRL	01.07.1980	52.552	158.073	1250	Лава	А-Ц
23	Институт	INSR	INS	01.11.1981	53.066	158.605	175	Грунт средний, пирокластические отложения	А-Ц
24	Карымский	KП	KRY	01.09.1989	54.036	159.449	900	Шлак	А-Ц
25	Коряка	KOK	KRK	01.07.1975	53.292	158.636	1050	Лава	А-Ц
26	Малая Ипелька	MIPR	MIP	01.08.1997	52.276	156.758	370	Шлак	А-Ц
27	Мыс Козлова	MKZ	MKZ	01.09.1997	54.556	161.730	520	Камень	А-Ц
28	Налычево	NLC	NLC	30.03.1984	53.171	159.345	20	Гравий	А-Ц
29	Петропавловск	PET	PET	30.01.1987	53.024	158.653	100	Скала	А-Ц
30	Русская	RUS	RUS	21.12.1987	52.433	158.513	75	Камень	А-Ц
31	Седловина	SDLR	SDL	01.09.1991	53.278	158.884	1235	Лава	А-Ц
32	Сомма	SMAR	SMA	27.02.1991	53.263	158.801	1950	Лава	А-Ц
33	Угловая	UGLR	UGL	01.08.1992	53.209	158.824	1140	Лава	А-Ц
34	Шипунский	SPN	SPN	20.11.1962	53.104	160.011	170	Скала	А-Ц

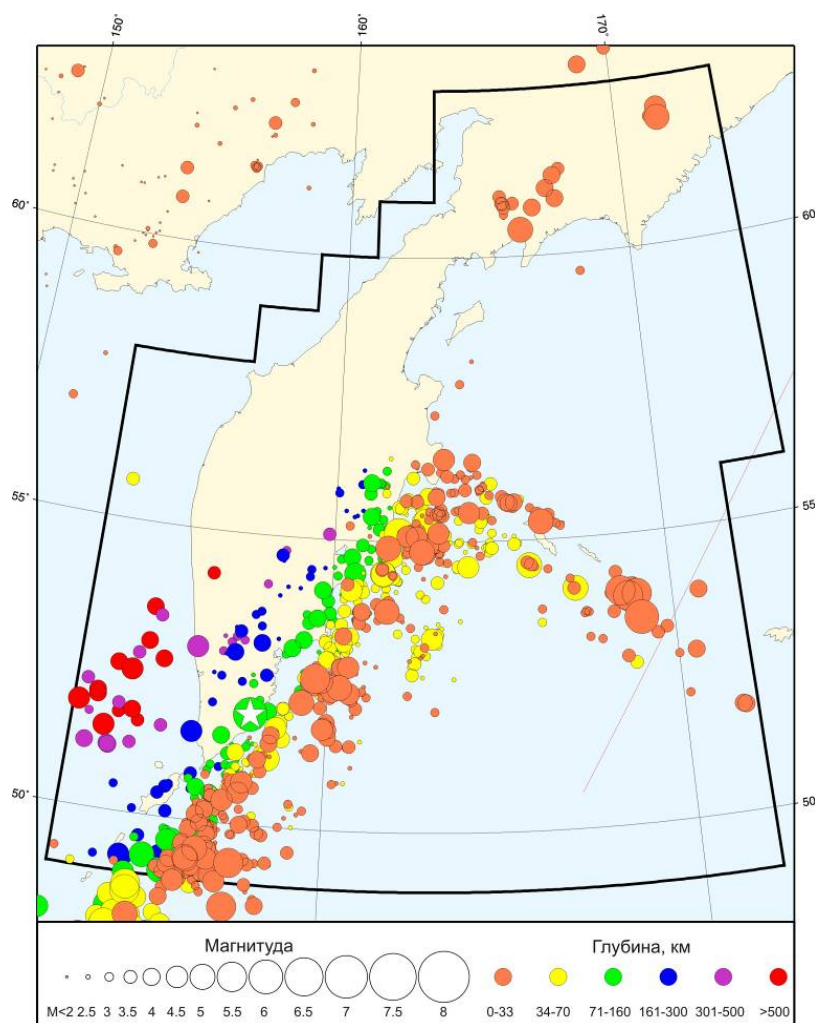
Таблица I.17. Сведения о станциях сильных движений КФ ГС РАН (сеть KRSC)

№	Станция			Дата открытия	Координаты		Высота над уровнем моря, м	Подпочва	Тип станции
	Название	Код			φ, °N	λ, °E			
		международный	региональный						
<b>Камчатская сеть</b>									
1	Крутоберегово (на стационарной станции)	KBG	KBG	1968	56.255	162.705	30	Грунт средний, суглинок, гравий	Ц+А
2	Беринг (на стационарной станции)	BKI	BKI	1962	55.204	165.972	10	Метаморфизованный песчаник с выходом коренных пород	Ц+А
3	Маяк «Кроноцкий»	–	KRO	1983	54.746	162.109	40	Грунт скальный	Ц+А
4	ГМС «Жупаново», Семячки	–	GPN	21.11.1982	54.116	159.983	26	Грунт скальный, скальные породы, лавовый поток	А
5	Мыс Шипунский (на РТСС)	SPN	SPN	1962	53.104	160.011	170	Грунт скальный, скальные породы	Ц+А
6	Маяк «Петропавловский»	–	MPT	1980	52.888	158.709	79	Грунт скальный, скальные породы, метаморфизованные сланцы, габбро-диабазы	А
7	Маяк «Круглый»	–	KRL	1983	52.071	158.325	30	Грунт скальный, скальные породы, лавовый поток	А
8	ГМС «Водопадная», Ходутка*	–	KDT	1985	51.809	158.078	20	Грунт скальный, лавовый поток	А
9	Тилички	–	TIL	08.2006	60.431	166.060	40	Песок, гравий, мерзлота	Ц
10	Паужетка	PAU	PAU	10.11.2007	51.468	156.815	110	Песок, гравий	Ц
<b>Сеть станций в г. Петропавловск-Камчатский</b>									
11	Институт вулканологии (на РТСС)	INSR	INS	19.05.1972	53.066	158.605	175	Грунт средний, пирокластические отложения	А+Ц
12	Улица Горького, 15	–	PTG	1966	53.056	158.631	170	Грунт средний, пирокластические отложения	А
13	Улица Дачная, общежитие	–	DCH	1961	53.057	158.639	150	Грунт средний, пирокластические отложения	Ц
14	Сопка Мишенная	–	MSN	1982	53.043	158.638	372	Грунт скальный, скальные породы	А
15	14 км Елизовское шоссе, станция ГМС	–	AER	1986	53.086	158.554	80	Грунт средний	А
15	Администрация	–	ADM	2005	53.023	158.650	3	Грунт насыпной	Ц
16	Петропавловск (на стационарной станции)	PET	PTK	1951	53.024	158.653	100	Скала	Ц
17	Вилочинск	–	VIL	01.08.2007	52.931	158.405	40	Н/д	Ц
18	Рыбачий	–	RIB	01.08.2007	52.917	158.533	112	Грунт средний, щебень, глина	Ц
19	НИИГТЦ	–	НИ	01.08.2007	53.080	158.641	219	Грунт средний, щебень, глина	Ц
20	Николаевка	–	NIC	01.08.2007	53.046	158.341	19	Грунт средний, гравий, глина	Ц
21	Школа	–	SCH	01.08.2007	52.958	158.674	72	Грунт средний, щебень, глина	Ц

В связи со значительным усилением сейсмической активности в 2006 г. окончательная обработка данных за 2007 г. не была сделана к моменту выхода настоящего ежегодника, поэтому в публикуемом каталоге приводятся данные оперативной обработки, дополненные параметрами 18 землетрясений из Сейсмологического бюллетеня ГС РАН [Сейсмологический бюллетень, 2007–2008].

Всего в предварительный каталог за 2007 г. включено 921 землетрясение с  $M > 2.6$  ( $K > 8.5$ ) (рис. I.30, раздел V.11) на территории Камчатки, Командорских островов и частично Курильских островов. По данным оперативного каталога КФ ГС РАН, внутри контура надежной регистрации  $M_{\min} = 2.6$  ( $K_{\min} = 8.5$ ) находится 73% событий, внутри изолинии  $M_{\min} = 3.3$  ( $K_{\min} = 9.5$ ) – 96% землетрясений.

Наибольшее количество землетрясений произошло в поверхностном слое сейсмофокальной зоны. Самая большая плотность событий наблюдалась вблизи мыса Шипунский. Таким образом, в зоне субдукции произошло 78.5% событий, в Командорско-Алеутском блоке – 11.2%, в северо-западной части Тихого океана – 6.4%. На долю остальных зон приходится 3.8% от общего числа землетрясений.



**Рис. I.30. Карта эпицентров землетрясений на Камчатке и Командорских островах в 2007 г.**

В 2007 г. на Камчатке и прилегающих территориях произошло девять землетрясений с  $M \geq 5.3$  ( $K_S \geq 12.5$ ): 3 – в поверхностном слое сейсмофокальной зоны ( $h < 70$  км), одно – в промежуточном ( $h = 128$  км) и одно – в глубинном слое ( $h = 589$  км), 4 – в зоне Командорских островов и Камчатского пролива. Сведения об этих землетрясениях представлены в каталоге.

Наиболее сильное землетрясение с  $M=5.9$  ( $K_S=13.5$ ,  $M_w=6.4$ ) было зарегистрировано 30 мая в 20<sup>h</sup>22<sup>m</sup> в промежуточном слое сейсмофокальной зоны на глубине 128 км. Землетрясение ощущалось: Северо-Курильск, ГМС Водопадная – 4–5 баллов; Начики, МГеоЕС-1, Приморский, Радыгино, Рыбачий, Чапаевка, р. Карымшина (стационар) – 4 балла; ГМС Семячки, Вулканный, Петропавловск, Никольское, маяк Круглый, маяк Петропавловский – 3–4 балла; Апача, Елизово, Паратунка, мыс Шипунский – 3 балла; мыс Лопатка – 2 балла. Землетрясение не сопровождалось афтершоками.

10 марта в 21<sup>h</sup>13<sup>m</sup> на юге Камчатского залива в районе мыса Чажма на глубине 42 км произошло землетрясение с  $M=5.7$  ( $K_S=13.1$ ,  $M_C=5.7$ ), вызвавшее сотрясение в различных населенных пунктах Камчатки от 2 до 5 баллов (подробнее см. в разделе V.11). За главным толчком последовал непродолжительный рой на глубинах 10–80 км, который продолжался около трех суток. Других землетрясений, сопровождающихся афтершоками, в течение 2007 г. зарегистрировано не было.

Для наиболее сильных землетрясений региона с  $M \geq 2.9$  ( $K_S \geq 9.0$ ) в разделе VII.3 на CD-ROM помещен бюллетень региональной сети станций за 2007 г. в формате ISF.

На рис. I.31 показана гистограмма распределения сейсмической энергии, выделившейся на Камчатке и Командорских островах в 2003–2007 гг. (по данным регионального каталога КФ ГС РАН в пределах новых границ).

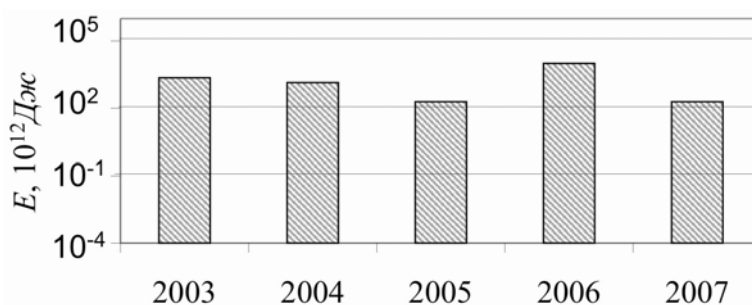
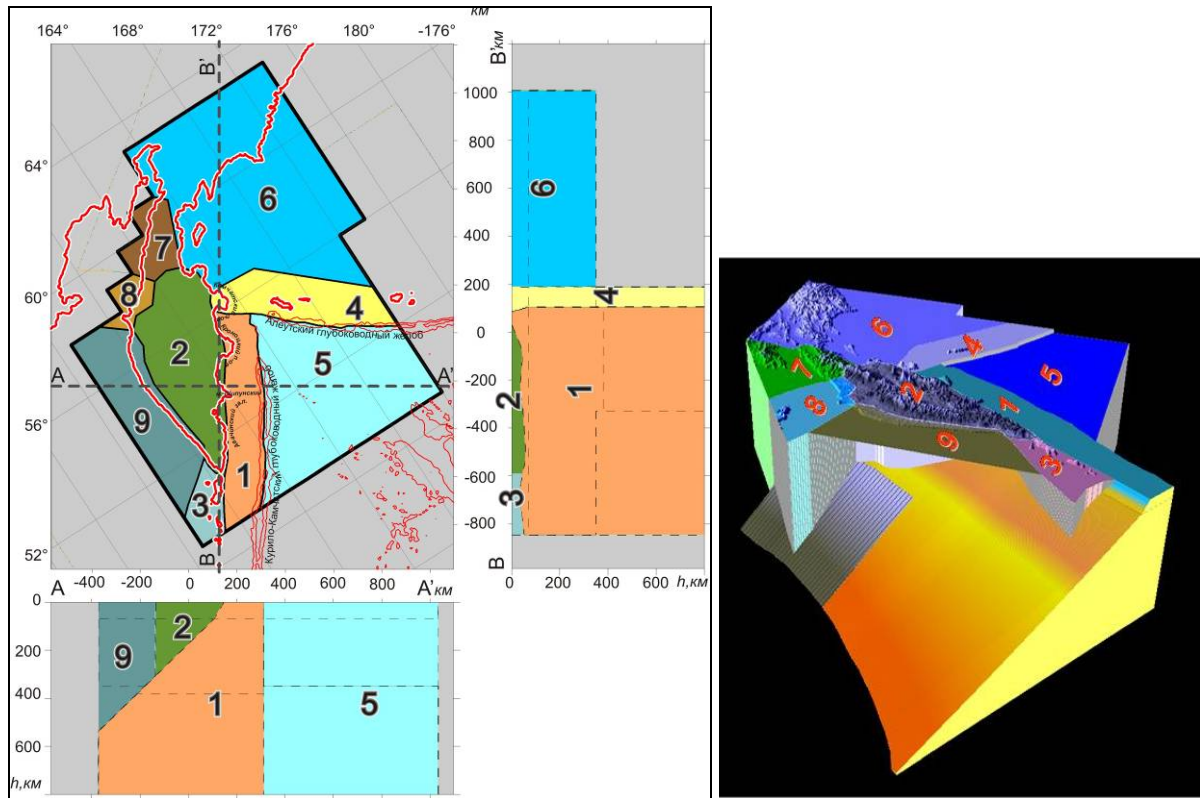


Рис. I.31. Гистограмма распределения сейсмической энергии, выделившейся на Камчатке и Командорских островах в 2003–2007 гг.

### Структуры сейсмичности Камчатки

В последние годы в Камчатском филиале ГС РАН проводится работа по выделению сейсмоактивных структур на Камчатке и прилегающих к ней территориях, исходя из тектонических, геологических представлений и на основе данных регионального и мировых каталогов землетрясений. Камчатка – довольно сложный по характеру сейсмичности регион. Землетрясения, происходящие здесь, могут иметь различную тектоническую природу. Простое деление территории на географические районы при помощи поверхностных границ не отражает специфических особенностей сейсмичности Камчатки, поскольку многие активные области различной природы являются принципиально трехмерными.

В пределах границы ответственности КФ ГС РАН выделено девять сейсмоактивных зон, расположение которых показано на рис. I.32. Здесь же приведены разрезы на вертикальные плоскости, проходящие через линии А–А' и В–В'. Следует учитывать, что изображенные на рис. I.32 зоны являются трехмерными структурами, и рисунок их мозаики на других глубинах может существенно отличаться от приведенного. Для большей наглядности на рис. I.32 г приведено трехмерное изображение разбиения региона на зоны.



а, б

в

г

**Рис. 1.32. Карта-схема зон сейсмической активности Камчатки и прилегающих территорий:**

*а* – расположение выделенных зон на дневной поверхности;  
*б, в* – расположение зон на вертикальных разрезах по линиям *А–А'* и *В–В'* соответственно;  
*г* – трехмерное изображение разбиения региона на зоны (вид с юго-запада), показаны только структуры, частично или полностью попадающие в зону ответственности Камчатской сети.  
 Цифрами обозначены зоны: 1 – Камчатская сейсмофокальная зона; 2 – континентальная часть п-ова Камчатка; 3 – Северные Курилы; 4 – Командорский сегмент Алеутской дуги; 5 – северо-западная часть Тихого океана; 6 – Корякия и западная часть Берингова моря; 7 – Камчатский перешеек; 8 – Утхолок; 9 – Западная Камчатка

Все зоны разбиты горизонтальными границами на три слоя: поверхностный ( $0 \leq h \leq 70$  км), промежуточный ( $70 < h \leq 350$  км) и глубокий ( $h > 350$  км). Исключение составляет граница между глубоким и промежуточным слоями сейсмофокальной зоны. Она имеет ступень в районе Авачинской бухты. Севернее эта граница проходит на глубине 380 км, а южнее – 350 км (рис. 1.32 б, в). На рис. 1.32 б, в эта ступень обозначена пунктирной линией в поле сейсмофокальной зоны.

Основная доля землетрясений приходится на зону субдукции Тихоокеанской плиты, здесь сходятся также Алеутский, Арктический и Корякский сейсмические пояса, отражающие взаимодействие литосферных плит. Поэтому приведем здесь более подробное описание этой структуры.

*Сейсмофокальная зона (зона субдукции)* включает все землетрясения, происходящие на границах погружающейся под Камчатку Тихоокеанской плиты.

Восточная вертикальная граница проведена по оси глубоководного желоба и отделяет взбросовые и надвиговые события верхнего края зоны субдукции от преимущественно сбросовых очагов землетрясений океанического вала, отнесенных к структуре Тихоокеанской плиты (зона 5). Западная же граница кровли структуры сейсмофокальной зоны требует специальных комментариев. На сегодняшний день точность определения

глубины для землетрясений, происходящих восточнее побережья Камчатки, недостаточна, чтобы отличить события, происходящие на главной поверхности субдукции, от землетрясений, локализованных в верхней нависающей плите (зона 2 на рис. I.32 а), и различить их статистически пока невозможно. По этой причине мы вынуждены отнести к сейсмофокальной зоне все землетрясения, происходящие в районе ее пологого участка, независимо от их формально определенной глубины. Соответственно, кровля структуры сейсмофокальной зоны достигает поверхности значительно западнее глубоководного желоба, вблизи побережья, во внутренней части камчатских заливов. При этом два полуострова – Шипунский и Кроноцкий оказываются почти полностью в пределах структуры сейсмофокальной зоны.

Другая особая область располагается в нижней и северной частях сейсмофокальной зоны. Согласно современным тектоническим представлениям, северная часть Камчатской зоны субдукции (севернее Авачинского залива) значительно моложе ее южной части. За это время северный участок погружающейся плиты еще не успел достичь максимальных глубин, на которых в районе Камчатки еще наблюдаются землетрясения. Действительно, в районе Авачинского залива происходит резкое изменение максимальных глубин подавляющего большинства землетрясений с 650 до 380 км.

Этот факт является весьма ярким подтверждением рассматриваемой тектонической гипотезы. Однако за все время наблюдений в северной области все же произошло три надежных землетрясения с глубиной до 420 км. Эти три события произошли недалеко от границ области и, возможно, только отражают факт несовершенства упрощенной модели, в которой поперечная Авачинская структура является плоскостью во всем интервале глубин.

Тем не менее признано необходимым выделить северную глубокую часть сейсмофокальной зоны (на рис. I.32 она закрашена серым цветом) в самостоятельную зону. Учитывая реальное распределение событий в этом месте, граница между промежуточными и глубокими землетрясениями опущена с обычных 350 до 380 км.

В электронном варианте предварительного каталога региона Камчатки и Командорских островов за 2007 год (раздел V на CD-ROM) впервые включены номер и название сейсмоактивной зоны для каждого землетрясения.